

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE
PROCESSAMENTO DE MANDIOCA PARA PRODUÇÃO DE
ÁLCOOL

VINCÊNZO SILVA TIEZZI

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE
PROCESSAMENTO DE MANDIOCA PARA PRODUÇÃO DE
ÁLCOOL**

VINCÊNZO SILVA TIEZZI

Trabalho submetido à Banca Examinadora
como parte dos requisitos para Conclusão
do Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental-TCC II

FLORIANÓPOLIS, SC
NOVEMBRO/2015

v

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE
PROCESSAMENTO DE MANDIOCA PARA PRODUÇÃO DE
ÁLCOOL**


VINCÊNZO SILVA TIEZZI

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte
Dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental-TCC II

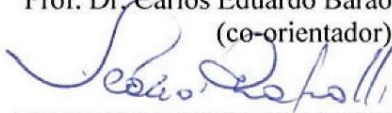
BANCA EXAMINADORA:



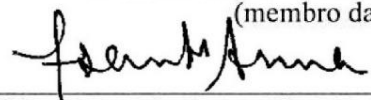
Prof. Dra. Maria Eliza Nagel Hassemer
(orientador)



Prof. Dr. Carlos Eduardo Barão
(co-orientador)



Prof. Dr. Flávio Rubens Lapolli
(membro da banca)



Prof. Dr. Fernando Soares Pinto Sant'Anna
(membro da banca)

FLORIANÓPOLIS, SC
NOVEMBRO/2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço à UFSC pela oportunidade de estar realizando um sonho.

Agradeço aos meus pais Marco e Denise pelo apoio incondicional.

Agradeço à minha irmã por sempre estar presente, apoiando e incentivando.

Agradeço à minha família por ter me dado uma base exemplar.

Agradeço à minha orientadora e co-orientador pelo apoio para a realização deste trabalho;

Agradeço aos apoiadores deste trabalho, seja por fornecer matéria prima ou infraestrutura, sendo eles: Vabejo, CM3 e Instituto Federal Tecnológico do Paraná – Campus Paranaíba.

Aos meus amigos, que conheci durante esses anos de graduação, cuja amizade prevalecerá por muito tempo.

"Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer."

Albert Einstein

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo o estudo de uma destinação alternativa, mais nobre e economicamente viável para o efluente líquido manipueira e o bagaço de mandioca. Tais resíduos carregam uma quantidade significativa de amido e glicídios, os quais podem desencadear um problema ambiental, devido a presença de componentes tóxicos e alta carga orgânica, ou pela sua subutilização, além disso vale ressaltar que o amido presente no efluente é considerado como perda na produtividade. O presente estudo sugere a produção de álcool como uma possível destinação para tais resíduos. Além da produção do álcool, foi realizada a caracterização da manipueira e do mosto fermentado, verificando assim a variação da carga orgânica e sólidos. O teor alcoólico do mosto fermentado foi de 5°GL para ambas as configurações estudadas. Para a produção de álcool com resíduo misto de bagaço e manipueira, foi observada uma redução de 33,42% no valor da DBO e 5,63% na DQO e remoção completa do cianeto. Tal redução modificou a relação DBO/DQO de 0,62 para 0,44, podendo interferir no projeto e andamento do tratamento do efluente final, uma vez que a maior parte do efluente não é mais biodegradável. Para os sólidos totais foi obtida a eficiência de remoção de 38,94% para o resíduo misto e 36,95% para a manipueira. A parcela dos sólidos voláteis teve uma redução de 47,04% para o misto e 39,60% para a manipueira. Podemos concluir que além de estar sendo reaproveitado um efluente para gerar um biocombustível, há uma redução significativa na carga poluidora do efluente de processamento de mandioca, o que pode acarretar na diminuição do custo do tratamento do efluente final.

PALAVRAS-CHAVE: Manipueira, álcool de mandioca, processamento de mandioca, reuso de efluente.

ABSTRACT

This paper has as objective the alternative destination of cassava waste, more noble and economic viable. Both wastes carry a large quantity of amide and glycine, the wrong destination might cause an environmental problem, due the presence of toxic compounds, and high organic charge, or their sub utilization, besides the presence of amide on wastewater is considered a waste of production. The follow paper suggests the alcohol production as a possible destination for this waste. Besides the alcohol production, was made the characterization of cassava wastewater and fermented mash, obtaining the organic charge and solid variation. The alcoholic content obtained was 5°GL for both studied configurations. For the alcohol production of mix of waste between cassava bagasse and wastewater, the reduction of BOD was 33.42% and QOD 5.63%, and a complete removal of cyanide compounds. This organic charge variation, changing the ratio of BOD and QOD from 0.62 to 0.44, changing the final effluent treatment. For total solids the efficient removal was 38.94% for mix waste and 36.95% for manipueira. The part of volatilized solids was reduced 47.04% for mix waste and 39.60% for manipueira. Analyzing the results was concluded is possible to produce the bioethanol from cassava wastes and obtained a significant reduction of organic charge, reducing the treatment cost.

KEY-WORDS: Manipueira, cassava alcohol, cassava industry, wastewater reuse.

Sumário

1	Introdução.....	1
1.1	Objetivos.....	2
1.1.1	Objetivo geral.....	2
1.1.2	Objetivos específicos.....	2
2	Revisão Bibliográfica	3
2.1	Mandioca	3
2.2	Processamento da mandioca.....	4
2.3	Balanço de massa de uma farinheira	5
2.4	Manipueira.....	6
2.5	Ácido Cianídrico	8
2.6	Processo de produção do álcool.....	9
2.6.1	Hidrólise enzimática	9
2.6.2	Fermentação	10
2.6.3	Destilação	11
3	Materiais e Métodos	12
3.1	Descrição da área de estudo.....	12
3.2	Obtenção dos materiais e dados.....	12
3.3	Confecção do álcool	13
3.3.1	Processo de Hidrólise – Sacarificação	13
3.3.2	Processo de Fermentação.....	14
3.3.3	Processo de destilação	14
3.4	Resíduos utilizados	14
3.5	Análises do processo	15
3.6	Procedimento experimental	15
3.6.2	Primeira composição	15
3.6.3	Segunda composição	16
4	Resultados e Discussões	16

5	Conclusões e sugestões	21
6	Referências Bibliográficas	22
6	Anexos.....	26
6.1	Ficha de registro controle de efluente	26
11.2	Amido na massa de descarte - Amostra original	27
11.3	Amido na massa de descarte – Amostra lavada	28

Lista de figuras

<i>Figura 1 – Fluxograma do processo de produção de fécula de mandioca – Adaptado PINTO, 2008.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2 - Fluxograma de produção de farinha de mandioca - Adaptado Del Bianchi, 1998 apud NEVES, 2004.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3 - Cianogênese em mandioca (COOKE, 1978 apud PANTAROTO, 2001).....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4 - Fluxograma do processo de hidrólise enzimática - BRINGHENTI, 2004.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5 - Piloto utilizado para o processo de hidrólise e fermentação, constituído de um reator encamisado de 500 mL, agitador magnético e banho maria com bomba d'água.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 6 - Teste qualitativo de lugol antes e depois da hidrólise</i>	<i>17</i>
<i>Figura 7 - Teste qualitativo de lugol antes e depois da hidrólise enzimática na parte sólida da mistura da manipueira e bagaço</i>	<i>17</i>
<i>Figura 8 – Densímetro utilizado para a determinação do teor alcoólico do mosto fermentado, sendo obtido o teor alcoólico de 5°GL</i>	<i>19</i>
<i>Figura 9 - Análise de sólidos da segunda configuração, antes e depois da passagem pela mufla. Cadinhos da esquerda contêm os sólidos da manipueira in natura, e os da direita do fermentado após a extração do álcool.....</i>	<i>20</i>

Lista de tabela

<i>Tabela 1 - Caracterização da Manipueira feito por Barana (2000, 1996), Fernandes Jr. (1995), Cereda (1994) e Sampaio (1996) apud Barana, 2000. Adaptado pelo autor.....</i>	7
--	----------

1 Introdução

A fécula de mandioca é um carboidrato extraído da raiz da mandioca, através de uma série de processos que será abordado de forma breve no presente trabalho, tendo um amplo ramo de aplicações, sendo os setores alimentícios, papel e celulose seus principais destinos. As fecularias são indústrias onde a mandioca é processada gerando como produto a fécula. Durante a fabricação da fécula é produzido uma grande quantidade de efluente (manipueira e água de lavagem) e subproduto (bagaço de mandioca, casquinha de mandioca). Tais resíduos podem carregar uma significativa quantidade de amido, podendo chegar a 40,14% de amido na base seca do bagaço, sendo a base seca representante de até 53,95% do volume de bagaço produzido. A presença do amido nestes resíduos é considerada como perda, uma vez que este não é utilizado na confecção do produto principal (fécula), sendo descartado ou subutilizado.

Como destino final dos subprodutos citados a cima, inclui-se: a ração animal, produção de álcool, incorporação ao solo, tratamento para ser destinado ao meio ambiente.

O amido presente nos subprodutos pode possuir um valor de mercado atrativo, se recuperado e reaproveitado de uma maneira correta, porém, muitas vezes é subutilizado ou tratado como um problema, devido ao impacto gerado no meio ambiente ocasionado por sua má destinação, gerando custos à empresa.

Outra indústria de processamento de mandioca, que possui certa semelhança ao processo realizado nas fecularias é a farinheira.

A diferença é que nas farinheiras, o que é aproveitado é a massa de mandioca retida após a prensagem, na qual segue o processo para a produção de farinha. Durante o processo de prensagem, é produzido a manipueira, a qual representa 468,84 litros de manipueira por tonelada de raiz processada segundo o balanço de massa feito por Takahashi e Fagiotto (1992, apud BRINGHENTI, 2004).

Visando a diminuição do impacto ambiental e o aproveitamento de forma mais eficiente o seu potencial energético e econômico. O presente trabalho propõe a reutilização do efluente gerado pela farinheira (manipueira) e do bagaço de mandioca gerado pela fecularia para a produção de álcool de mandioca, verificando a diminuição do material poluente restante no mosto fermentado.

O presente trabalho apresenta os estudos feitos sobre o efluente produzido pela cadeia produtiva da farinha de mandioca, utilizando como

objeto de estudo uma farinheira e uma fecularia localizada no noroeste do Paraná, na região da cidade de Paranaíba.

O processo produtivo do álcool é constituído de três etapas, sendo elas: a hidrólise, a fermentação e a destilação. Durante o processo de hidrólise enzimática, as moléculas de amido presente no efluente são quebradas, dando origem aos açúcares. Esta etapa é necessária, pois as leveduras presentes na etapa seguinte (fermentação) não conseguem oxidar cadeias grandes como o amido. A etapa seguinte é a fermentação, onde as leveduras na ausência de oxigênio oxidam os açúcares, produzidos durante a hidrólise enzimática, em álcool. Após a fermentação, é formado uma mistura de sólidos, líquidos e gases. A última etapa consiste na extração do álcool presente na no mosto fermentado, utilizando o processo de destilação. Onde a mistura é aquecida em torres de destilação, algumas substancias são evaporadas e coletadas na condensação.

Todo o processo de produção do álcool, o qual inclui a hidrólise enzimática, fermentação e destilação, será realizado no Instituto Federal do Paraná - Campus Paranaíba, com instrumentos fornecidos pelo próprio instituto, onde também será realizada parte das análises do efluente, sendo a outra parte realizada pela Universidade Estadual de Maringá.

O trabalho foi realizado durante o segundo semestre de 2015, com início em agosto e com conclusão em novembro do mesmo ano.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Aproveitamento do resíduo do processamento da mandioca na fabricação de álcool.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar a eficiência da produção de álcool utilizando a manipueira;
- Caracterização da manipueira e do mosto fermentado;
- Avaliar a variação da matéria orgânica causada pelo processo de produção do álcool.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é um produto originário da América do Sul, cultivada em países de clima tropical. Na década de 70, o Brasil foi o maior produtor de mandioca, com cerca de 30 milhões de toneladas produzidas, porém, com o passar do tempo, houve uma redução na produção a qual ocasionou a perda do posto para países da África (atual maior produtora, com participação acima de 50% do total mundial) e da Ásia (Indonésia e Tailândia). No ano de 2013 teve sua menor produção dos últimos 10 anos, com apenas 21 milhões de toneladas. Entretanto, a produção vem crescendo, a qual atingiu 23 milhões de toneladas no ano de 2014 e possui uma previsão de 24,3 milhões de toneladas para 2015, ocupando uma área total de cultivo de 1.622.277 ha (DERAL/SEAB, 2015).

No cenário nacional atual, o Paraná é o detentor da segunda maior produção (16,8%), atrás apenas do Pará (22,6%). Dentro do panorama paranaense, a maior produção de mandioca se concentra na região noroeste, nos núcleos regionais de Paranavaí, Campo Mourão, Umuarama e Toledo. É também nessa região que se concentram as indústrias de fécula e de farinha (DERAL/SEAB, 2015).

A fécula (amido de mandioca) é um carboidrato extraído da raiz da mandioca. Apresenta-se como um pó branco, inodoro, e sem sabor, utilizado como ingrediente gerador de uma série de produtos, em diversas áreas de atividade industrial, como as de alimentos embutidos, embalagens, de colas, de mineração, têxtil e farmacêutica (EFFERSON, 1979 apud ARIENTE et al. 2006).

A fécula é utilizada na composição de vários produtos industrializados, com destaque às indústrias frigoríficas e de papel e celulose, que correspondem ao destino de 16,7% e 10,1% respectivamente e indústrias de massa, biscoito, panificação e pão de queijo que consome 21,3% da produção (DERAL/SEAB, 2015).

A alta produção de fécula está relacionada com o alto potencial poluidor devido aos resíduos sólidos e líquidos gerados em seu processo produtivo, casos estes não sejam tratados e destinados de maneira adequada. A industrialização da mandioca gera resíduos como: a água de limpeza das raízes, a casca ou película marrom, a água de prensagem da massa ralada (manipueira), a água de extração da fécula, fibras, a crueira, dentre outras, que se não forem tratadas de maneira adequada, geram um grande impacto ambiental oriundo principalmente da alta quantidade de

carboidratos e a toxidade causada pela presença de linamarina, glicosídeo cianogênico (CEREDA, 1996 apud CEREDA, 2002). Se o efluente sem tratamento for disposto em cursos de água, este pode gerar uma diminuição do oxigênio dissolvido, devido a sua alta DBO, gerando um grande problema ambiental se a quantidade de oxigênio atingir níveis críticos.

Atualmente os efluentes de feculárias podem ser utilizados para fabricação de tijolos, alimentação animal e irrigação na agricultura para controle de pragas, por possuir ações herbicida e inseticida, também utilizada para a produção de biogás (SANTOS, 2008). Apesar do grande apelo ambiental pela reutilização do efluente, a sua reutilização se mostra onerosa do ponto de vista financeiro. Assim, em muitos casos, estes são dispostos em corpos hídricos ou no solo, com ou sem tratamento, o que pode causar danos ambientais conforme já citado anteriormente.

A mandioca possui glicídios cianogênicos acumulados nas folhas e nas raízes, sendo a linamarina o glicídio que possui a maior representatividade. A enzima responsável pela clivagem da linamarina é a linamarase. A sua degradação acontece quando entram em contato após a quebra do tecido durante o processamento da mandioca, dando origem à hidroxinitrilas. Tal composto se transforma em HCN após sofrer o processo de hidrólise (CHISTÉ, 2009).

2.2 Processamento da mandioca

A produção de fécula e farinha, possuem 4 processos básicos (fluxograma apresentado na Figura 1 e 2, respectivamente), sendo eles:

- A lavagem e descascamento das raízes, onde é feito a retirada da casca mecanicamente e produzido como resíduos: a água de lavagem e a casta de mandioca, os quais poderão ser utilizados como matéria prima para a produção de aguardente.

- A desintegração das células para liberação de amido, feito através da moagem da mandioca;

- Separação do material solúvel, processo de prensagem da massa pastosa, sendo a água residual do processo denominada manipueira, e

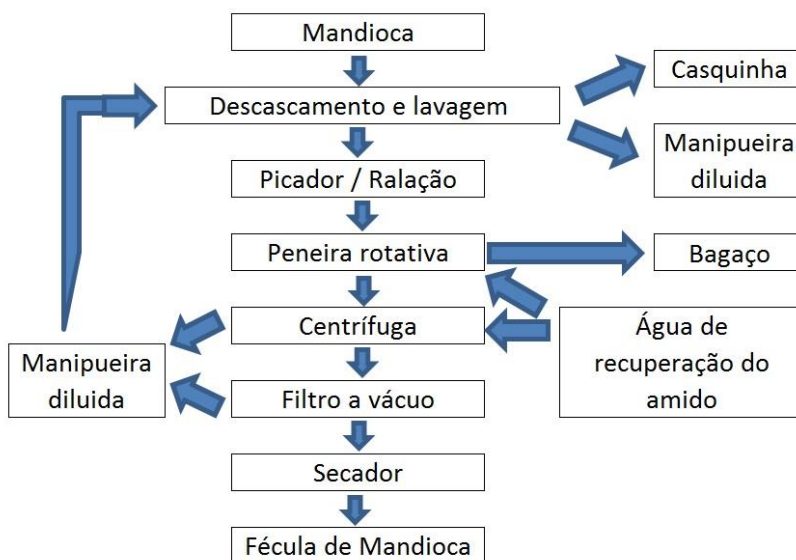
- A secagem.

O descarte errôneo destes resíduos pode gerar um grande impacto ambiental, além de ser um grande desperdício de matéria primas, pois nos efluentes produzidos possuem uma grande quantidade de amido e açúcares que podem ser extraídos e reutilizados, que é o objetivo deste trabalho.

No caso da fecularia, a manipueira encontra-se em menor concentração, pois se encontra diluída com a água de extração do amido.

O manipueira diluída produzida por tonelada de raiz processada é composta de 300 litros de manipueira e 600 litros de água residual de fecularia (FIORETTO, 1994 apud PANTAROTO, 2001). A diluição da manipueira causa uma redução na carga orgânica e quantidade de cianeto, porém o volume de efluente líquido é maior. A Figura 1 representa o fluxograma do processo de fabricação da fécula.

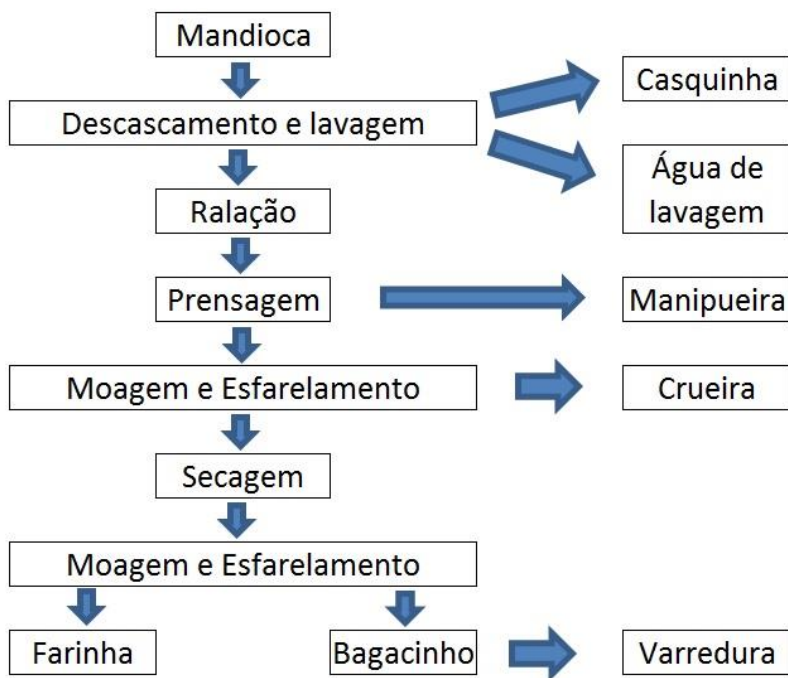
Figura 1 – Fluxograma do processo de produção de fécula de mandioca – Adaptado PINTO, 2008



2.3 Balanço de massa de uma farinheira

Segundo Del Bianchi, 1998 (apud NEVES, 2004), para cada tonelada de raiz em peso úmido, gera em torno de 15 kg de resto de pátio, 200 kg de casquinha, 1200 kg de água de lavagem, 400 kg de manipueira, 13 kg de crueira, 330 kg de farinha, 1,5 kg de bagacinho e 1 kg de varredura. O fluxograma da produção de farinha é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma de produção de farinha de mandioca - Adaptado Del Bianchi, 1998 apud NEVES, 2004



2.4 Manipueira

A manipueira, do tupi-guarani “o que brota da mandioca” (CEREDA 1996, apud CEREDA 2002), é um resíduo líquido o qual possui grande potencial poluidor, devido a quantidade de carboidratos e pela presença de glicídios tóxicos, os quais possuem cianeto em sua composição. A linamarina é o açúcar de maior representatividade (CHISTÉ, 2005), e são encontrados em todas as partes da mandioca (GODOY 1940, apud CEREDA 2002).

O volume de manipueira representa quase que a totalidade efluente final de uma farinheira. Na fabricação da farinha é produzido cerca de 267 a 419 litros do resíduo por tonelada de mandioca processada, (PINTO, 2008), juntamente com a presença de compostos tóxicos e alta carga orgânica, o torna um resíduo com grande volume e oneroso de ser tratado.

O autor Fioretto (1987) citado por Santos (2009) diz que o problema de poluição se agrava pela manipueira ser muito solúvel em água, e que por possuir um gosto adocicado, devido os açúcares contidos nela, é bastante procurado pelos animais, sendo relatado morte destes devido a ingestão de água em lugares onde ocorreram derramamento do resíduo.

Segundo Lamo e Menezes (1979), citado por Pinto (2010), a caracterização físico-química da mandioca é variável em relação à matéria orgânica e materiais tóxicos, dependendo da forma de processamento da raiz.

A caracterização da manipueira foi realizada por Barana (2000), e seus resultados foram comparados com outros autores da bibliografia, como: Fernandes Jr. (1995), Cereda (1994), Sampaio (1996) e Barana (1996). Na Tabela 1 é apresentado alguns dos resultados feito por estes autores que são relevantes a este trabalho, sendo que os resultados de Barana (2000), é uma média dos resultados apresentados em seu trabalho.

Tabela 1 - Caracterização da Manipueira feito por Barana (2000, 1996), Fernandes Jr. (1995), Cereda (1994) e Sampaio (1996) apud Barana, 2000. Adaptado pelo autor.

	ST (%)	SV (%)	SV/ST	SF/ST	DQO (g/L)	Cianeto (mg/L)
Barana (2000)	5,53	4,762	0,86	0,14	62,4	112,228
Fernandes Jr. (1995)	6	5,4	0,90	0,10	69,3	206,83
Cereda (1994)	6,28	5,23	0,83	0,17	63,0	444
Sampaio (1996)	5,81	5,08	0,87	0,13	92,0	n.a.
Barana (1996)	4,51	3,83	0,85	0,15	60,0	140,86

n.a. - Não analisado

ST – Sólidos totais

SV – Sólidos voláteis

SF – Sólidos fixos

Segundo Barana (2000), em seu trabalho e no do autor Fernandes Jr. (1995) foi observado que o acréscimo de SV na manipueira é proporcional a DQO, porém não acontece o mesmo com o ST.

O autor Damasceno et al. (2001) citado por Suman et al. (2011) apresenta a composição média de açúcares presentes na manipueira, sendo 58,18 g L⁻¹ de açúcares totais, com uma parcela de 37,96 g L⁻¹ de açúcares passíveis de redução e 20,22 g L⁻¹ de açúcares não redutores.

Segundo Suman et al. (2011), a manipueira contém 10,5% de matéria seca, sendo 6,3% amido e 1,96% de açúcares solúveis totais. Acidez titulável de 12 ml NaOH 1N/100g e pH 5,6. A mesma autora cita os estudos feitos Leonel e Cereda (1995) que relatam a presença de 13,06% de matéria seca, 5,71% de amido, 2,93% de açúcares redutores e pH 4.

Atualmente a manipueira possui alguns destinos, sendo eles: a produção de biogás através de biorreatores anaeróbios, a incorporação ao solo através da fertirrigação, produção de álcool, ou tratamento para destinação em corpos hídricos ou solo. Tais destinos visam valorizar este resíduo, transformando um resíduo indesejável em um subproduto com utilização em outro processo produtivo, consequentemente, reduzindo o custo de tratamento e o impacto causado no meio ambiente.

Tendo como destino a produção de álcool, são encontrados diversos trabalhos os quais variam os parâmetros de produção do etanol, como adição de enzimas para a realização da hidrólise, leveduras para a fermentação, temperaturas das etapas do processo, dentre outros.

No trabalho apresentado por Suman et al. (2011) foi observado um aumento da quantidade de açúcares totais após o processo de hidrólise enzimática, inicialmente apresentava-se 1,96% de açúcares dissolvidos totais, e após foi encontrado a presença de 2,13% de glicose, 2,88% de maltose, 3,09% de frutose e 0,2% de sacarose. Após esta etapa o hidrolisado seguiu para a fase de fermentação que durou em torno de 24h. Depois de fermentado, o vinho apresentou concentrações que variam de 3,14 a 4,08% de etanol.

Em outro trabalho realizado por Suman et al. (2009) foram apresentados rendimentos em cada etapa do processo de produção de etanol, sendo obtido o resultado de 92,63% de rendimento na hidrólise enzimática e 96,18% no processo de fermentação, o que levou a conclusão de que para cada tonelada de manipueira, pode-se obter 19,33 litros de etanol.

2.5 Ácido Cianídrico

O glicídio linamarina é o composto cianogênico de maior representatividade que está presente em toda planta, sendo presente em

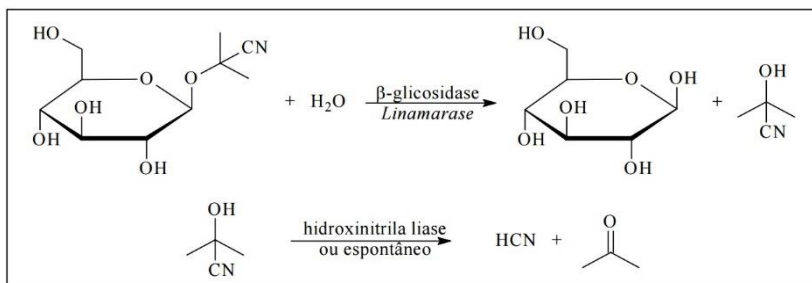
maior quantidade nas raízes e nas folhas da mandioca, sua degradação origina o ácido cianídrico através do processo representado na Figura 3, denominado cianogênese, sendo o ácido originado o responsável pela toxicidade da mandioca (CHISTÉ, 2008).

Outro glicídio cianogênico presente na mandioca é a lotaustralina, que se apresenta na proporção de 7 partes a cada 93 partes de linamarina (CHISTÉ, 2008).

A quantidade de ácido cianídrico na mandioca é utilizada para a sua classificação, sendo ela dividida em três categorias: mansa ou de mesa as que possuem menos de 50mg de HCN/kg de raiz fresca sem casca; as moderadamente venenosas que possui de 50 a 100 mg de HCN/kg de raiz fresca sem casca; e as bravas com quantidade de HCN/kg de raiz fresca sem casca acima de 100mg (CAGNON et al., 2002 apud CHISTÉ, 2010). Segundo os mesmos autores a ingestão ou inalação, representa um sério perigo a saúde, podendo ocorrer casos de envenenamento.

Estima-se que a dose letal DL_{50} aceita pela OMS é de 10mg de HCN por kg de peso vivo (CHISTÉ, 2010).

Figura 3 - Cianogênese em mandioca (COOKE, 1978 apud PANTAROTO, 2001)



2.6 Processo de produção do álcool

A produção do álcool a partir do amido de mandioca é composta de 3 etapas: Hidrólise, fermentação alcoólica e destilação.

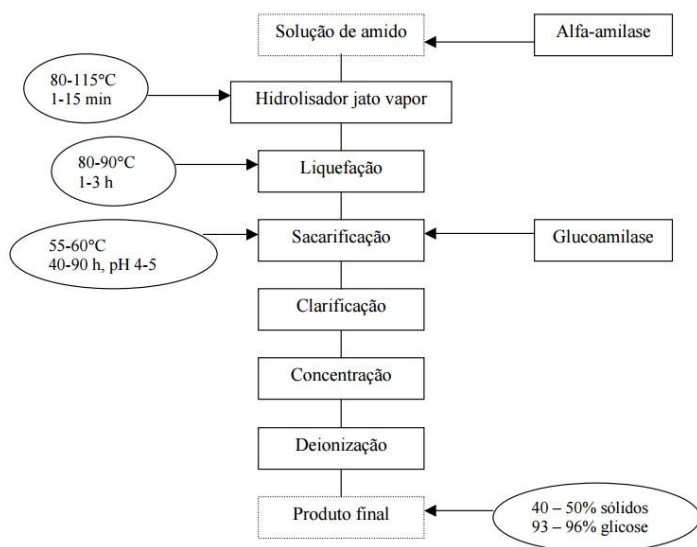
2.6.1 Hidrólise enzimática

A hidrólise enzimática consiste na introdução da enzima amilase para a quebra do amido em açúcares menores (sacarose), uma vez que as leveduras alcoólicas não possuem a capacidade de fermentar diretamente

o amido, transformando os biopolímeros em moléculas menores como dextrina, maltose e glicose. Para a realização deste processo é necessário a adição de catalizadores (enzimas) e controle de temperatura. Podendo ser adicionado enzimas complementares ao processo para melhorar a sua eficiência. Estudos sugerem pectinases para auxiliar na liquefação da pasta, a qual favorece o processo de hidrólise do amido (aumento de 63,42% para 88,73% do amido hidrolisado) (CEREDA, 1999).

Há também outros tipos de hidrólise do amido, como a hidrólise ácida, porém o processo é desaconselhável para fins de produção de aguardente, pois neste há formação de compostos secundários que interferem na qualidade da bebida. O fluxograma do processo de hidrólise é apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma do processo de hidrólise enzimática - BRINGHENTI, 2004.



2.6.2 Fermentação

Obtido os açúcares no processo de hidrólise enzimática, o efluente segue para a etapa de fermentação, a qual consiste na transformação dos açúcares em álcool, por meio de processo biológico anaeróbico oxidativo

utilizando leveduras; o processo de fermentação tem como subproduto o gás carbônico.

As leveduras envolvidas no processo são aeróbias facultativas, o qual difere os produtos formados dependendo do meio em que se encontram, sendo capazes de assimilar monossacarídeos, dissacarídeos e trissacarídeos. Em meio aeróbio, as leveduras metabolizam os açúcares, formando biomassa, CO_2 e H_2O , esta etapa é utilizada para a reprodução das leveduras para a futura aplicação no processo de fermentação alcoólica, em tanques denominados berçários. Em fase anaeróbia, a maior parte dos açúcares é transformada em etanol e CO_2 pelo processo de fermentação alcoólica, tal processo pode gerar produtos secundários, como glicerol, ácidos orgânicos, álcoois superiores, acetaldeídos, acetona, entre outros, e também ocorre uma pequena formação de biomassa (BRINGHENTI, 2004).

O produto final da fermentação é chamado de vinho, o qual contém substâncias em fase gasosa, sólida e líquida. A fase gasosa é composta basicamente pelo dióxido de carbono. Na fase sólida se apresentam a biomassa, sais minerais, açúcares não fermentados e impurezas (LIMA 1991, apud BRINGHENTI, 2004). As parcelas mais importantes na fase líquida são a água e o etanol, variando de 88 a 93% e 12 a 7%, respectivamente, outros compostos compõem uma parcela insignificante em volume.

2.6.3 Destilação

O processo de destilação consiste na separação do etanol do vinho, material impuro e heterogêneo obtido no processo de fermentação. Este processo é realizado através do aquecimento do vinho em torres de destilação, obtendo após o resfriamento, um líquido mais concentrado que o vinho e substâncias sólidas ausentes. Na destilação, utilizada para maior purificação e concentração do álcool, são utilizadas colunas de alto grau, obtendo álcool com teor alcoólico de até 97,2% em volume (BRINGHENTI, 2004).

Durante a etapa de destilação, além de ocorrer a separação do álcool do vinho, ocorrem reações químicas durante o aquecimento da mistura (RIJKE; TERHEIDE, 1983 apud BRINGHENTI, 2004).

3 Materiais e Métodos

3.1 Descrição da área de estudo

Foram utilizados resíduos gerados por duas indústrias distintas, a primeira indústria em questão é a uma fecularia localizada na região noroeste do Paraná, no município de Paranavaí. A Indústria CM3 Cooperativa Agroindustrial é uma empresa tradicional do ramo, atuando no mercado desde 2005, a qual será a fornecedora de resíduos e dados, sendo os resíduos a manipueira diluída com água de lavagem e o bagaço. A empresa também conta com uma usina de álcool integrada, onde é reaproveitado parte do bagaço de mandioca que seria descartado como fonte de matéria prima. Utilizando um processo semelhante ao realizado no trabalho.

A segunda indústria é uma farinheira localizada na mesma região, no município de Alto Paraná. A farinheira Vabejo Indústria e Comercio de Farinha de Mandioca Ltda foi a fornecedora do resíduo líquido manipueira.

As análises do efluente: sólidos, pH, BRIX, turbidez, teor alcoólico e lugol, assim como a elaboração do álcool foram realizadas no Laboratório do Instituto Federal do Paraná - Campus de Paranavaí, o qual disponibilizou toda a infraestrutura necessária para a realização do trabalho.

As análises de DBO, DQO e cianeto foram realizadas no laboratório de águas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

3.2 Obtenção dos materiais e dados

Na primeira indústria foram coletados o bagaço e a manipueira diluída. A coleta do bagaço foi realizada na entrada do silo de armazenamento para descarte, e a manipueira diluída foi coletada diretamente após a centrifuga de separação do amido após a lavagem da massa. Nesta indústria são feitas análises periódicas de perdas de amido no efluente e na manipueira diluída. Nos anexos 1, 2 e 3 são apresentados tabelas com dados de perda, fornecidos pela indústria.

Na farinheira foi coletado a manipueira diretamente após o processo de prensagem da massa ralada.

3.3 Confeção do álcool

3.3.1 Processo de Hidrólise – Sacarificação

O processo de hidrólise-sacarificação foi realizado em reator encamisado com capacidade de 500 ml com agitação magnética e controle de temperatura realizado pelo banho maria, representado pela Figura 5. No resíduo foi adicionado hidróxido de sódio 4M para a correção do pH para uma faixa de 6,2 a 6,5 e, em seguida a enzima Termamyl 120L na concentração de 1,0g/Kg de amido. A temperatura foi elevada até 90 - 95°C, permanecendo sob agitação, por 2 horas. Decorrido este período, a temperatura foi abaixada para 60°C, o pH foi corrigido com ácido sulfúrico 4M até 4,5, sendo então adicionada a enzima AMG 300L na concentração de 1,5 mL/Kg de amido, permanecendo nesta temperatura em repouso por 24 horas.

Figura 5 - Piloto utilizado para o processo de hidrólise e fermentação, constituído de um reator encamisado de 500 mL, agitador magnético e banho maria com bomba d'água..



Depois de finalizada a etapa de hidrólise foi feita a verificação da quantidade de açúcar através da escala numérica de índice de refração (Brix) utilizando a leitura por espectrometria de infravermelho próximo, tal método apresenta grandes vantagens em relação a técnicas

tradicionais, pois é um método rápido, não destrutivo, sem necessidade de preparar amostras e de baixo valor (PASQUINI, 2003 apud LEMÕES et al, 2012). Para um melhor funcionamento do fermento na etapa de fermentação, o valor do Brix deve estar entre os 14° e 16°.

3.3.2 Processo de Fermentação

Para uma melhor eficiência do fermento biológico, o pH deve se encontrar na faixa de 4,0 a 5,0, caso necessário é feito a correção adicionando uma solução de ácido sulfúrico (SEBRAE, 1999).

Ao hidrolisado obtido após resfriado foi adicionado fermento comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) na relação de 15 g de fermento para cada litro de hidrolisado, a uma temperatura 35°C por 24 h. Após o processo de fermentação, o mosto foi filtrado, e seguiu-se o processo de destilação, resultando no álcool da manipueira.

A fermentação é o processo de transformação dos açúcares em álcool, realizada pelas leveduras. O tempo necessário para a fermentação é de aproximadamente 24 horas. A fermentação é considerada concluída quando o teor de sacarose for zero (SEBRAE, 1999). A velocidade do processo pode ser medida através das bolhas, resultado da formação de CO₂ durante o processo de fermentação.

3.3.3 Processo de destilação

O processo de destilação foi utilizado para medir o teor alcoólico do mosto fermentado, não possuindo o intuito de obter um álcool de teor alcoólico elevado. Portanto foi utilizada uma destilação simples, sendo extraído a totalidade do álcool juntamente com a água, para que fosse possível a medição do teor alcoólico utilizando o densímetro.

3.4 Resíduos utilizados

Foram utilizadas duas composições de resíduos para a confecção do álcool.

A primeira composição foi feita com a mistura de bagaço de mandioca com a manipueira com uma proporção de 500 gramas de bagaço para 1 litro de manipueira, com o intuito de reaproveitar o maior número de resíduos de mandioca, e aumentar a eficiência de produção de álcool, verificando-se também a variação da carga orgânica.

O segundo estudo foi realizado apenas com a manipueira, para verificar a variação dos poluentes, gerada pela produção e retirada do álcool.

3.5 Análises do processo

Foram realizados os seguintes testes de controle e ajuste do composto antes do início de cada etapa do processo de produção do álcool: teste qualitativo de amido utilizando o lugol, pH (utilizando pHmetro de bancada previamente calibrado) e Brix (utilizando um refratômetro de bancada).

Para verificar a eficiência geral do processo, foram realizados os testes de caracterização dos compostos antes do início do processo de hidrólise e após a retirada do álcool no processo de destilação, sendo eles: turbidez, pH, sólidos totais, fixos e voláteis, DBO e DQO.

3.6 Procedimento experimental

3.6.1 Materiais utilizados

- Matéria-prima selecionada
- Reator encamisado de 500 ml
- Solução de hidróxido de sódio (correção de pH)
- Solução de ácido sulfúrico (correção de pH)
- Carbonato de Cálcio
- Enzima Thermamyl 120L
- Enzima AMG-300
- Fermento de *Saccharomyces cerevisiae*

3.6.2 Primeira composição

- Massa de bagaço: 500 gramas;
- Volume de manipueira: 1000 ml;
- Ajustado o pH para 6,25;
- Ajustado a temperatura para 92°C;
- Adição de 0,56 ml de enzima Thermamyl;
- Agitação mecânica por 2 horas;
- Ajustado a temperatura para 60°C e correção do pH para 4,5;
- Adição de 0,85 ml da Enzima AMG 300;

- Agitação mecânica por 12 horas;
- Ajustado a temperatura para 30°C;
- Adição de 6 gramas de fermento em 400 ml;
- Repouso por 24h;
- Filtração;
- Destilação.

3.6.3 Segunda composição

- Volume da manipueira: 0,45 L;
- Ajustado o pH para 6,33;
- Ajustado a temperatura para 92°C;
- Adição de 0,55 ml de enzima Thermamyl;
- Agitação mecânica por 2 horas;
- Ajustado a temperatura para 60°C e correção do pH para 4,5;
- Adição de 0,85 ml da Enzima AMG 300;
- Agitação mecânica por 12 horas;
- Ajustado a temperatura para 30°C;
- Adição de 6,75 gramas de fermento em 450 ml;
- Repouso por 24h;
- Destilação.

4 Resultados e Discussões

As análises iniciais da caracterização da manipueira *in natura* utilizada no processo da primeira configuração apresentaram sólidos totais com média de 6,838%, sendo que a relação SF/ST foi 0,1124 e SV/ST foi 0,8876. Foi obtido o valor de 4,35 para o pH inicial da manipueira, Brix 6,7 e turbidez 109 NTU. O teste qualitativo do lugol se mostrou positivo para a presença de amido na manipueira.

Na análise de DQO foi obtido o valor de 76.860 mg/L, DBO 47.750 mg/L e cianeto 8,4mg/L. A relação DBO/DQO encontrada foi de 0,6213; o que sugere um tratamento biológico para o efluente, devido a maior parte da matéria orgânica ser biologicamente degradável.

A primeira configuração de resíduos que foi constituído da mistura do bagaço com a manipueira, foi obtido o pH de 4,34, Brix 5,4 e o teste do lugol se mostrou positivo para a presença de amido. Foi encontrada a quantidade de 10,390% de Sólidos Totais na mistura, sendo as relações SV/ST e SF/ST iguais a 0,9476 e 0,0524 respectivamente.

Após o processo de hidrólise da mistura da manipueira e bagaço, foi observado o aumento de 5,4° para 7,2° o que indica que ocorreu a

hidrólise do amido pelas enzimas gerando açúcares. Nas Figuras 5 e 6 são apresentados os resultados do teste qualitativo de lugol antes e depois da hidrólise da parte líquida e sólida da mistura. A aparência mais escura da amostra indica a maior quantidade de amido presente.

Figura 6 - Teste qualitativo de lugol antes e depois da hidrólise enzimática da parte líquida da mistura da manipueira e bagaço



Figura 7 - Teste qualitativo de lugol antes e depois da hidrólise enzimática na parte sólida da mistura da manipueira e bagaço



Após a fermentação a amostra foi filtrada e destilada, sendo medido o teor alcoólico do mosto fermentado, obtendo-se o valor de 5,0°GL.

Foram realizadas análises do mosto fermentado após a extração do álcool, obtendo-se uma turbidez de 35,3 NTU, o que apresenta uma redução de 67,61% em relação a manipueira *in natura*. Uma parte dessa

redução foi devido a filtração a qual reduziu a quantidade de sólidos em suspensão, assim como a degradação da matéria orgânica realizada pelos processos de hidrólise e fermentação.

Foi encontrado o valor de 6,345% para sólidos totais, com as relações SV/ST e SF/ST de 0,8219 e 0,1781, respectivamente, sendo observada uma redução de 38,94% na quantidade de sólidos totais e 47,04% na quantidade de sólidos voláteis, ambos comparados com a amostra antes do início do processo; por outro lado, foi verificado o acréscimo de 107,69% na porcentagem de sólidos fixos.

Em comparação com os resultados obtidos somente com a parte líquida (manipueira) do início do processo, obteve-se a redução de 7,21% dos sólidos totais, 14,08% dos sólidos voláteis e o acréscimo de 47,07% dos sólidos fixos.

O valor de DQO obtido após o processo foi de 72.535 mg/L, a DBO o valor de 31.792 mg/L e não foi detectado cianeto presente na amostra. Analisando os resultados, podemos observar uma redução de 5,63% no valor da DQO, 33,42% no valor da DBO e a remoção completa do cianeto. A maior redução da DBO foi um resultado esperado, pois o álcool foi obtido através da quebra de matéria orgânica (amido e glicídios) biologicamente degradável, através dos processos de hidrólise enzimática e fermentação, gerando gases e o álcool extraído. A eliminação total do cianeto também era esperada, por ter passado pelo processo de hidrólise, o qual a linamarina é degradada e liberado o cianeto de acordo com a Figura 3, sendo este volatilizado.

A nova relação obtida entre a DBO e DQO é de 0,4383; o que significa que a maior parte do efluente não é mais biologicamente degradável, sendo assim, o tratamento sugerido para o efluente final passa de biológico para o tratamento físico-químico.

Na segunda configuração onde foi realizado o processo apenas com a manipueira, foi realizada uma segunda coleta de amostra e uma nova caracterização da manipueira *in natura*, onde foi obtido 7,11% de sólidos totais, sendo as frações SF/ST e SV/ST iguais a 0,1675 e 0,8325 respectivamente; Brix 6,3; pH 4,56 e turbidez 119 NTU.

Após a fermentação foi obtido o teor alcoólico de 5° GL para o mosto fermentado, como pode ser observado na Figura 7.

Figura 8 – Densímetro utilizado para a determinação do teor alcoólico do mosto fermentado, sendo obtido o teor alcoólico de 5°GL.



Após a produção e extração do álcool foram obtidos os valores de 4,61%, para sólidos totais, sendo as frações SF/ST e SV/ST iguais a 0,2025 e 0,7975 respectivamente. Analisando os resultados, podemos observar uma redução de 36,95% na quantidade de sólidos totais, 23,77% de sólidos fixos e 39,60% de sólidos voláteis. A Figura 8 mostra imagens da análise de sólidos antes e depois da mufla. Os cadinhos da esquerda contêm os sólidos da manipueira *in natura* e os da direita os sólidos contidos no fermentado após a extração do álcool. É visualmente notável a redução da quantidade de sólidos presentes no cadinho, sendo esta redução ocasionada pelo processo de produção do álcool. Podemos também notar a grande quantidade de sólidos voláteis presente nas amostras, devido a redução significativa da quantidade de sólidos após a passagem pela mufla.

Figura 9 - Análise de sólidos da segunda configuração, antes e depois da passagem pela mufla. Cadinhos da esquerda contêm os sólidos da manipueira *in natura*, e os da direita do fermentado após a extração do álcool.



Na análise de turbidez do mosto fermentado foi obtido o valor de 52,9 NTU, onde foi notada uma redução de 55,5% da turbidez inicial, tal redução foi devido a redução da quantidade de sólidos em suspensão e a quebra da matéria orgânica. O valor do Brix sofreu uma redução de 6,3° para 5,4° (14,3%), sendo o Brix uma medida indireta da quantidade de compostos solúveis (glicídios), tal redução pode ser relacionada à quebra destes em álcool.

Os resultados das análises realizadas da manipueira *in natura* vão ao encontro aos encontrados na bibliografia, no que se diz à quantidade de sólidos totais, que variam em torno de 6%, e as relações SF/ST e SV/ST com valores próximos a 0,15 e 0,85, respectivamente. Assim também acontece com a DQO, o qual foi obtido um valor de 76 g/L, e na bibliografia foi encontrado valores que variam de 60 a 92 g/L.

Foi identificado uma divergência nos resultados em relação a quantidade de cianeto presente na manipueira. No presente trabalho foi obtido um valor de 8 mg/L de cianeto, quanto na bibliografia foi encontrado valores que variam de 122,2 a 444,0 mg/L. Tal divergência pode ser explicada pela diferença da espécie de mandioca que estava sendo processada, estado de conservação da amostra, metodologia

aplicada para a realização da análise dentre outros, porém não foi possível identificar o motivo exato da divergência.

O teor alcoólico obtido no estudo em ambas as configurações foi de 5°GL, superior ao apresentado por Suman et al., 2011, o qual apresentou a variação entre 3,14 a 4,08% de etanol no mosto fermentado.

5 Conclusões e sugestões

Podemos concluir que além de estar sendo reutilizado um efluente com uma alta carga poluente para a extração de biocombustível, a produção de álcool resulta numa significativa redução da matéria orgânica e sólidos presentes no efluente. Foi observada uma redução de 33,42% no valor da DBO e 5,63% na DQO e remoção completa do cianeto. Tal redução modificou a relação DBO/DQO de 0,62 para 0,44, podendo interferir no projeto e andamento do tratamento do efluente final, uma vez que a maior parte do efluente não é mais biodegradável. Para os sólidos totais foi obtida a eficiência de remoção de 38,94% para o resíduo misto e 36,95% para a manipueira. A parcela dos sólidos voláteis teve uma redução de 47,04% para o misto e 39,60% para a manipueira, tais reduções pode levar consequentemente a uma redução do custo de tratamento deste resíduo, além de gerar uma possível renda com a produção do etanol.

Para a continuação e melhoria deste trabalho, são apresentadas algumas sugestões:

Realização de um estudo de viabilidade econômica e energética da implantação de uma usina de extração de álcool da manipueira.

Realização das análises de DBO e DQO da segunda configuração antes e depois do processo de produção de álcool.

Verificação do potencial de produção de biogás utilizando o mosto fermentado.

Utilização de métodos mais precisos para a determinação do teor alcoólico.

6 Referências Bibliográficas

ARIENTE, Marina. **ESTRATÉGIAS COMPETITIVAS NO AGRONEGÓCIO: ESTUDO EXPLORATÓRIO NAS FECULARIAS DO ESTADO DO PARANÁ**, 2006. Disponível em : <https://www.unimep.br/phpg/bibdig/pdfs/2006/XQWTMOUBNFJC.pdf>. Acesso em maio de 2015.

BARANA, Ana. **Avaliação de tratamento de manipueira em biodigestores fase acidogênica e metanogênica**, 2000. Disponível em: http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101954/barana_ac_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em novembro de 2015.

BRINGHENTI, Lizandra. **Qualidade do álcool produzido a partir de resíduos amiláceos da agroindustrialização da mandioca**, 2004. Disponível em: http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2005/bringhenti_l_me_botfca.pdf Acesso em maio de 2015.

CEREDA, Marley; LEONEL, Magali, **Avaliação da celulase e pectinase como enzimas complementares, no processo de hidrólise-sacarificação do farelo de mandioca para produção de etanol**, 1999 – Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos_d_e_comunicacao/CTA/VOL19N1/CTA19N1_17.PDF. Acesso maio de 2015.

CEREDA, Marney Pascoli, **Valorização de resíduos do processamento de mandioca**, 2002. Disponível em: <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas/article/view/762/674>. Acesso em junho de 2015.

CHISTÉ, Renan Campos; COHEN, Kelly de Oliveira; OLIVEIRA, Suzy Sarzi. **Determinação de cianeto durante as etapas de processamento de farinha de mandioca do grupo seca**, 2005. Disponível em: http://www.researchgate.net/publication/267947706_DETERMINAO_DE_CIANETO_DURANTE_AS_ETAPAS_DE_PROCESSAMENTO_DA_FARINHA_DE_MANDIOCA_DO_GRUPO_SECA. Acesso em novembro de 2015.

CHISTÉ, Renan Campos; COHEN, Kelly de Oliveira. **Determinação de cianeto total nas farinhas de mandioca do grupo seca e d'água comercializadas na cidade de Belém-PA**, 2008. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/287/255>. Acesso em novembro de 2015.

CHISTÉ, Renan Campos; COHEN, Kelly de Oliveira; OLIVEIRA, Suzy Sarzi; MATHIAS, Erla de Assunção. **Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água**, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v40n1/v40n1a28.pdf>. Acesso em novembro de 2015.

DERAL/SEAB – Departamento de Economia Rural/Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, **Análise da Conjuntura Agropecuária – Mandioca Safra 2014/2015**. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/mandioca_2014_15.pdf. Acesso em maio de 2015.

EMBRAPA – **Cultivo da mandioca para a região do Cerrado**, 2003. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/colheita.htm. Acesso maio de 2015.

IBGE - **Levantamento sistemático da produção agrícola**, 2015. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/esIProdAgr_201503.pdf. Acesso maio de 2015.

LEMÕES, Juliana Silva; OLIVEIRA, Bianca Aguiar; KNEIB, Raquel Bartz; FARIAS, Sabrina Peres; SILVA, Sérgio Delmar dos Anjos e. **Predição de brix de cana-de-açúcar pro espectrometria de infravermelho próximo – Simpósio estadual de agroenergia, IV reunião técnica de agroenergia-RS**, 2012. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77442/1/PREDICA-O-DE-BRIX-DE-CANA-DE-ACUCAR-POR-ESPECTROMETRIA-DE-INFRAVERMELHO-PROXIMO..pdf>. Acesso em junho 2015.

MIRAND, Mariana Branco de; MARTINS, Nilo Gustavo Souza; BELLUCO, André Eduardo de Souza; HORII, Jorge; ALCARDE, André

Ricardo. **Qualidade química de cachaças e de aguardentes brasileiras**, 2007. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/cta/v27n4/34.pdf> Acesso em maio de 2015.

NEVES, Vitor. **Uso do resíduo da produção de farinha de mandioca (crueira) na produção de álcool fino**, 2004. Disponível em:

http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90593/neves_vjm_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em novembro de 2015.

PANTAROTO, Suzan, **Isolamento, seleção, identificação e avaliação de microorganismos aeróbios *in situ*, com habilidade à biodegradação de linamarina**, 2001. Disponível em :

http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90544/pantaroto_s_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em novembro de 2015.

PINTO, Paulo. **Tratamento de manipueira de fecularia em biodigestor anaeróbio para disposição em corpo receptor, rede pública ou uso em fertirrigação**, 2008. Disponível em :

http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90653/pinto_phm_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em novembro de 2015.

PINTO, Paulo. **Processo de flotação no tratamento da manipueira originada da fabricação de farinha de mandioca**, 2010. Disponível em :

<http://retec.fatecourinhos.edu.br/index.php/retec/article/view/129/49>.

Acesso em novembro de 2015.

SANTOS, Armínio. **Usos e impactos ambientais causados pela manipueira na microrregião sudoeste da Bahia-Brasil**, 2009.

Disponível em : <http://www.ub.edu/medame/PSSantos.pdf>. Acesso em novembro de 2015.

SUMAN, Priscila Aparecida; URBANO, Luiz Henrique; LEONEL, Magali. **Rendimento de processo de produção de etanol a partir de manipueira**, 2009. Disponível em :

<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1440/759>. Acesso em novembro de 2015.

SUMAN, Priscila Aparecida; URBANO, Luiz Henrique; LEONEL, Magali; MISCHAN, Martha Maria. **Efeitos de parâmetros de**

fermentação na produção de etanol a partir de resíduo líquido da industrialização da mandioca (manipueira), 2011. Disponível em : <http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/9279/9279>. Acesso em novembro de 2015.

6 Anexos

6.1 Ficha de registro controle de efluente

Controle de Efluente

Data	Volume decantado após peneira 250 mesh (mL)	Volume após centrifugação amido (mL)	pH
01-Sep	30	0,8	6,15
1-Sep	24	0,8	6,05
02-Sep	28	1,8	5,97
02-Sep	28	0,8	6,33
02-Sep	45	0,5	5,87
03-Sep	25	0,6	5,92
03-Sep	13	0,8	6
04-Sep	41	1	6,15
04-Sep	13	3	5,78
04-Sep	60	3,6	5,03
05-Sep	33	0,4	5,72
05-Sep	15	1	5,74
10-Sep	20	1	5,35
12-Sep	22	0,4	5,9
12-Sep	29	0	6,1
12-Sep	90	4	5,74
15-Sep	65	8,5	5,32
15-Jun	80	1	5,96
16-Sep	50	1	5,72
16-Sep	18	0,4	6,24
17-Sep	19	0,6	6,41
17-Sep	12	0,4	5,65
17-Sep	16	0,6	5,94
18-Sep	14	0,8	6,14
18-Sep	29	0,2	5,98

11.2 Amido na massa de descarte - Amostra original

Data	Umidade na amostra	Base seca (%)	Média das Leituras	Peso da Amostra (g)	Amido Base Seca (%)
20-Aug	52,26	47,74	1,28	4	33,1
20-Aug	46,05	53,95	1,47	4	33,47
27-Aug	60,71	39,29	1,15	4	36,04
28-Aug	56,18	43,82	1,20	4	33,72
29-Aug	59,3	40,7	1,12	4	33,78
01-Sep	51,53	48,47	1,58	4	40,14
03-Sep	59,98	40,02	1,15	4	35,38
04-Sep	53,77	46,23	1,33	4	35,49
05-Sep	54,35	45,65	1,22	4	32,82
09-Sep	55,46	44,54	1,25	4	34,56
15-Sep	52,98	47,02	1,27	4	33,17
16-Sep	50,07	49,93	1,39	4	33,7
18-Sep	51,3	48,7	1,30	4	32,87
19-Sep	53,26	46,74	1,27	4	33,37
22-Sep	50,17	49,83	1,37	4	33,77
23-Sep	57,99	42,01	1,13	4	33,22
24-Sep	53,64	46,36	1,32	4	34,97

11.3 Amido na massa de descarte – Amostra lavada

Data	Umidade na amostra	Base seca (%)	Média das Leituras	Amido Base Seca (%)	Resultado final amido (% B.S.)
20-Aug	53,98	46,02	1,22	32,55	0,55
20-Aug	35,89	64,21	1,63	31,32	2,15
27-Aug	60,69	39,31	1,13	35,5	0,54
28-Aug	53,93	46,07	1,22	32,52	1,2
29-Aug	56,44	43,56	1,15	32,51	1,27
01-Sep	47,44	52,56	1,55	38,66	1,48
03-Sep	57,33	42,67	1,18	34,15	1,23
04-Sep	55,48	44,52	1,25	34,57	0,92
05-Sep	53,72	46,28	1,18	31,48	1,34
09-Sep	58,42	41,58	1,08	32,08	2,48
15-Sep	49,01	50,99	1,37	33	0,17
16-Sep	45,52	54,48	1,47	33,15	0,55
18-Sep	53,5	46,5	1,23	32,66	0,21
19-Sep	52,11	47,89	1,28	33	0,37
22-Sep	41,45	58,55	1,47	30,64	2,93
23-Sep	54,14	45,85	1,20	32,23	0,99
24-Sep	50,39	49,61	1,35	33,51	1,46